

УДК 621.391.1

А. Ляпандра, канд. техн. наук

Тернопільський національний економічний університет

ПАРАМЕТРИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ

Резюме. Обґрунтовано використання параметрів функціональної моделі апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку. Обґрунтування базується на результатах аналізу процесів формування службової інформації з урахуванням основних процедурних особливостей, які характерні для широкого спектра протоколів мереж із комутацією пакетів. Проаналізовано вплив параметрів на пропускну здатність комунікаційного каналу.

Ключові слова: параметр, функціональна модель, апаратне забезпечення, мережевий трафік, пропускну здатність, комунікаційний канал.

A. Lyapandra

PARAMETERS OF FUNCTIONAL MODEL OF HARDWARE OF OPTIMIZATION OF NETWORK TRAFFIC

The summary. The use is proved of parameters of functional model of the optimizations hardware of network traffic. A ground was based on the analysis's result of formings processes of service information taking into account basic procedural features, what characteristic for the wide spectrum of protocols of networks with commutation of packages. The analysis of influence of parameters is conducted on the throughput of channel of communication.

Key words: parameter, functional model, hardware, network traffic, throughput, channel of communication.

Умовні позначення:

- I — кількість інформації;
- I^U — кількість даних користувача;
- ΔI — кількість службової інформації;
- γ — ефективність комунікаційного каналу за пропускну здатністю.

Постановка проблеми. Збільшення обсягу даних, які передають у мережах з комутацією пакетів, спричинила необхідність оптимізації мережевого трафіку. За умови підвищення швидкості передавання даних реалізацію оптимізації доцільно здійснити із використанням апаратного забезпечення шляхом використання раціонального кількісного співвідношення між інформацією користувача та службовою інформацією. Для проектування апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку необхідно обґрунтувати параметри функціональної моделі, враховуючи кількісні та якісні характеристики інформаційних потоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдання оптимізації мережевого трафіку шляхом пошуку раціонального кількісного співвідношення між інформацією користувача та службовою інформацією розглянуто в багатьох публікаціях [1–7]. Проведено аналіз структур полів пакетів та кадрів [1–5], протоколів і технологій мереж з комутацією пакетів [1–6]. Розроблено моделі кількісних перетворень даних на основі коефіцієнтів відносної зміни обсягу інформації [5] або вартості одиниці корисної інформації [6]. Проте ці моделі не враховують процедур зміни обсягів даних. Модель, яка наведена в статті «Моделювання процесів формування службової інформації при передачі даних в мережах з комутацією пакетів» [7] найповніше описує процедуру зміни обсягу даних. Проте для застосування у функціональній моделі апаратного

забезпечення оптимізації мережевого трафіку вона потребує незначного уточнення стосовно до розв'язуваної задачі.

Метою роботи є обґрунтування параметрів функціональної моделі апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку.

Результати досліджень. Інтенсифікація діяльності людей спричинила впровадження інформаційних технологій в усі сфери людської діяльності. Свідченням цього є факт, що найбільшою в світі мережею Internet користується близько 2 мільярдів людей, тобто 29% від населення усієї планети [8]. Вже на кінець цього року мережа буде містити 1 зеттабайт інформації (10^{21} байт) [9]. Необхідність обміну інформацією між територіально розподіленими вузлами викликала широке використання комунікаційних технологій та стрімке збільшення обсягу інформації, що передається через комунікаційні канали. Згідно з прогнозами компанії Cisco, які вона опублікувала у дослідженні «Візуальний мережевий індекс Cisco: передбачення і методологія, 2009–2014» (Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2009–2014), у 2014 р. щомісячний обсяг інтернет-трафіку становитиме 64 екзабайти (64×10^{18} байт) [10]. Унаслідок цього виникає проблема забезпечення необхідної пропускної здатності комунікаційних каналів за умови збільшення кількості даних, які передаються мережею. Один із варіантів комплексного вирішення цієї проблеми полягає в раціональному використанні комунікаційних каналів, яке досягається шляхом оптимізації мережевого трафіку. За умови збільшення швидкостей передавання даних домінуючу роль у реалізації оптимізації повинно відігравати апаратне (а не програмне) забезпечення. Враховуючи швидку зміну стандартів і протоколів, апаратне забезпечення повинно бути побудоване на базі програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС).

Проектування апаратного забезпечення на базі ПЛІС здійснюють у кілька етапів із детальним визначенням результату, який отримують при завершенні кожного з них.

На першому етапі розробляють технічне завдання на проектування апаратного забезпечення. Він полягає у:

- формуванні вимог та обмежень до проекту;
- виборі способу реалізації та елементної бази;
- формуванні плану роботи над проектом.

Для здійснення вказаних процедур потрібно сформувати інтерфейсну, продуктивну та функціональну моделі.

Інтерфейсна модель (interface model, bus functional) є аналогом до «чорної скриньки». Вона може містити деталізацію за всіма аспектами процесів обміну інформацією між об'єктом та зовнішнім середовищем, включаючи функціональність, часові характеристики, значення даних тощо. Проте така модель не містить інформації про внутрішню структуру об'єкта. У випадку проектування апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку на ПЛІС необхідно розрізняти проектування апаратного забезпечення та проектування компонента, як структурної одиниці, ПЛІС. У першому випадку інтерфейсна модель визначає узгодження із сімома рівнями моделі OSI, а в другому – спосіб інтеграції компонента до вищого ієрархічного рівня проекту.

Модель продуктивності (performance model, uninterpreted model) дає можливість описати лише часові аспекти роботи апаратного забезпечення, тобто визначає швидкість його реакції на зміну вхідного сигналу, проте не вказує значення сигналу на виході. Вимоги до такої моделі підвищуються при проектуванні апаратного забезпечення, робота якого є критичною до його швидкодії.

Функціональна модель (functional model) описує функції апаратного забезпечення без указування способу реалізації цих функцій. Така модель показує лише реакцію системи чи її компонентів на вхідний сигнал без урахування часового фактора,

тобто визначає значення сигналу на виході, проте не описує тривалості встановлення цього значення. Рівень її абстракції залежить від ступеня деталізації моделі, тому при першій ітерації є високим. Відповідно і рівень деталізації вхідних та вихідних даних при першій ітерації є також високим. Важливість формування функціональної моделі полягає в тому, що вона визначає алгоритм перетворення інформації за допомогою апаратного забезпечення.

Застосування інтерфейсної, продуктивної та функціональної моделей дає можливість перевіряти моделі, які будуть сформовані на подальших етапах, на відповідність стосовно технічного завдання. Тому розроблення кожної з моделей відіграє вагоме значення в забезпеченні отримання очікуваних параметрів апаратного забезпечення.

Проведення функціонального моделювання апаратного забезпечення оптимізації трафіку із використанням ПЛІС здійснюється шляхом проведення узагальнення та деталізації процесу передавання даних із урахуванням службових даних у мережах з комутацією пакетів. З метою моделювання інформаційних потоків введемо позначення кількості інформації – I . При цьому дані користувача позначимо I^U . Службову інформацію – $\Delta I^{(n H T)}$, де H – заголовок, який модифікується на n -ному рівні, а T – заключна частина, n – порядковий номер рівня згідно з моделлю OSI.

Універсальною моделлю для опису архітектури мереж є базова модель взаємодії відкритих систем (Open System Interconnection – OSI) [13]. Оскільки процеси опрацювання й передавання інформації у взаємодіючих системах є складними, то вона поділена на сім протокольних рівнів. Параметри систем, які взаємодіють на певному рівні, повинні відповідати його вимогам. Для їх забезпечення дані на кожному рівні доповнюються службовими відомостями, на основі яких програмне або апаратне забезпечення ідентифікує та модифікує отриману інформацію. Комунікаційна система функціонує ефективно тоді, коли приймаюча сторона отримує необхідні дані протягом заданого проміжку часу.

Передавальна частина комунікаційної системи при переході даних користувача I^U з вищого рівня моделі OSI на нижчий змінює структуру даних унаслідок кодування, шифрування, управління, сегментації, адресації та інших процедур [7]. Крім того, до даних користувача I^U на кожному рівні моделі OSI додається визначена протоколами службова інформація. Введемо її позначення залежно від рівня: на фізичному додається службова інформація $\Delta I^{(1 Pre Post)}$, на канальному – $\Delta I^{(2 DLH DLT)}$, на мережевому – $\Delta I^{(3 NH NT)}$, на транспортному – $\Delta I^{(4 TH)}$, на сеансовому – $\Delta I^{(5 PH)}$, на представницькому – $\Delta I^{(6 AH)}$. На прикладному рівні службова інформація відсутня, оскільки на цьому рівні присутня лише інформація користувача I^U . Таким чином, отримаємо, що при передаванні даних користувача I^U з вищого на нижчий рівень моделі OSI кількість інформації, яка надходить на прикладний рівень, становить

$$I^{(7)} = I^U. \quad (1)$$

Кількість інформації, яка надходить на представницький рівень, становить

$$I^{(6)} = I^U + \Delta I^{(6 AH)}. \quad (2)$$

Кількість інформації, яка надходить на сеансовий рівень, становить

$$I^{(5)} = I^{(6)} + \Delta I^{(5 PH)}. \quad (3)$$

Кількість інформації, яка надходить на транспортний рівень, становить

$$I^{(4)} = I^{(5)} + \Delta I^{(4 TH)}. \quad (4)$$

Кількість інформації, яка надходить на мережевий рівень, становить

$$I^{(3)} = I^{(4)} + \Delta I^{(3\ NH\ NT)} \quad (5)$$

Кількість інформації, яка надходить на канальний рівень, становить

$$I^{(2)} = I^{(3)} + \Delta I^{(2\ DLH\ DLT)} \quad (6)$$

Кількість інформації, яка надходить на фізичний рівень, становить

$$I^{(1)} = I^{(2)} + \Delta I^{(1\ Pre\ Post)} \quad (7)$$

На основі формул (1-7) визначимо кількість інформації, яка передається через комунікаційні канали при передаванні даних користувача I^U

$$I = I^U + \Delta I^{(1\ Pre\ Post)} + \Delta I^{(2\ DLH\ DLT)} + \Delta I^{(3\ NH\ NT)} + \Delta I^{(4\ TH)} + \Delta I^{(5\ PH)} + \Delta I^{(6\ AH)} \quad (8)$$

Кількість службової інформації ΔI , яка збільшує обсяг повідомлення користувача I^U , становить

$$\Delta I = \Delta I^{(1\ Pre\ Post)} + \Delta I^{(2\ DLH\ DLT)} + \Delta I^{(3\ NH\ NT)} + \Delta I^{(4\ TH)} + \Delta I^{(5\ PH)} + \Delta I^{(6\ AH)} \quad (9)$$

Відносне значення службової інформації на першому рівні моделі OSI від загального обсягу даних становить

$$\Delta I_{\%} = \frac{\Delta I}{I^{(1)}} \cdot 100\% \quad (10)$$

При цьому ефективність комунікаційного каналу за пропускну здатністю [4] обчислюють за формулою

$$\gamma = \frac{I^{(U)}}{I^{(1)}} \cdot 100\% \quad (11)$$

Згідно з формулами (7) та (11) отримуємо

$$\gamma = \frac{I^{(U)}}{I^{(U)} + \Delta I} \cdot 100\% \quad (12)$$

Аналіз формули (12) дає можливість зробити висновок, що досягти підвищення ефективності комунікаційного каналу за пропускну здатністю γ можна у випадку, якщо зменшити кількість службової інформації ΔI . Оскільки оптимізація мережевого трафіку виявляється у збільшенні ефективності комунікаційного каналу, то вагомими параметрами функціональної моделі є: 1) змінний параметр кількості даних користувача I^U ; 2) параметр кількості службової інформації ΔI , яка додається на всіх рівнях моделі OSI; 3) обчислюваний параметр ефективності комунікаційного каналу за пропускну здатністю γ .

Проаналізуємо ці параметри. Параметр кількості службової інформації ΔI залежить від протоколів, які використовуються для передавання даних. Крім того, його можна змінювати залежно від зовнішніх факторів, наприклад, при зміні якісних параметрів трафіку [11]. Тому для оптимізації передавання даних у мережах з комутацією пакетів намічено проведення аналізу основних протокольних процедур перетворення даних, які призводять до зміни обсягів інформації, що передається. Такими процедурами є: 1) формування заголовків пакетів; 2) формування заключних частин пакетів; 3) вирівнювання обсягів даних; 4) агрегування пакетів; 5) сегментування (фрагментування) даних.

Оскільки дані в комутуючій мережі передаються кадрами, пакетами та іншими частинами, то уніфікація їх розмірів підвищує ефективність використання мережі. У випадку, якщо розмір частин даних відрізняється на передаючій та приймаючій

частинах мережі, то спостерігається зниження ефективності використання мережі, що проявляється в збільшенні кількості втрачених пакетів, затримки та вартості передавання корисної інформації, в зменшенні пропускної здатності [1–6, 12].

Кількість службової інформації неоднозначно впливає на пропускну здатність мереж. У випадку, якщо інші параметри вибрані раціонально, то збільшення кількості службової інформації зменшує пропускну здатність [12] за рахунок зниження ефективності комунікаційного каналу за пропускну здатністю γ згідно з формулою (12). Проте за умови значної втрати пакетів або кадрів, наприклад, унаслідок появи шумів у комунікаційному каналі, передавання даних меншими частинами сприяє можливості раніше почати здійснювати коригуючі заходи, що підвищує ефективність комунікаційного каналу за пропускну здатністю γ . Таким чином, отриманий результат намітив пошук раціональних кількісних співвідношень між даними користувача та службовою інформацією з метою оптимізування трафіку мережі.

Висновки. На основі проведених досліджень обґрунтовано використання параметрів кількості даних користувача I^U , кількості службової інформації ΔI , ефективності комунікаційного каналу за пропускну здатністю для побудови функціональної моделі апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку. Обґрунтування базувалося на аналізі процесів формування службової інформації з урахуванням основних процедурних особливостей, які характерні для широкого спектра протоколів мереж із комутацією пакетів, оскільки розроблені на основі базової моделі взаємодії відкритих систем OSI.

Завдяки проведеній роботі розроблено підходи до здійснення подальших кроків першого етапу проектування апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку, а саме, розроблення інтерфейсної, продуктивної та функціональної моделей.

Намічено проаналізувати основні протокольні процедури перетворення даних, які призводять до зміни обсягів інформації, що передається, та пошук раціональних кількісних співвідношень між даними користувача та службовою інформацією з метою оптимізування трафіку мережі.

За отриманими результатами планується спроектувати й виготовити стенд для дослідження процесу оптимізації трафіку комунікаційної мережі, розробити рекомендації стосовно побудови комунікаційного обладнання.

Одержані результати роботи можуть бути впроваджені для оптимізації комп'ютерної мережі ТНЕУ, а також застосовані в навчальній дисципліні “Проектування комп'ютерних систем на ПЛІС”, що викладається на факультеті комп'ютерних інформаційних технологій ТНЕУ.

Література

1. Олифер Н.А. Средства анализа и оптимизации локальных сетей [Електронний ресурс] / Н.А. Олифер, В.Г. Олифер // Центр Информационных Технологий. – 1998. – Режим доступа: <http://www.citforum.ru/nets/optimize/index.shtml>.
2. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров сетей АТМ / А.Н. Назаров. – М.: Наука, 2002. – 315 с.
3. Лаем Куин. Fast Ethernet / Лаем Куин, Ричард Рассел. – К.: Издательская группа ВНУ, 1998. – 448 с.
4. Струкало М.И. Анализ эффективности систем коммутации пакетов по пропускной способности при передаче речи / М.И. Струкало, С.В. Ракитина // Системы и средства передачи и обработки информации: VIII междунар. науч.-практ. конф. 7–12 сент. 2004 г.: тезисы докл. – Одесса: ОНАС, 2004. – С. 86–87.
5. Воробийченко П.П. Обобщенная информационная модель взаимодействия систем инфокоммуникаций / П.П. Воробийченко, М.И. Струкало // Электросвязь. – 2004. – № 6. – С. 24–26.

6. Воробієнко П.П. Деякі граничні співвідношення в мережах з комутацією пакетів / П.П. Воробієнко // Радіотехніка. – Харків: ХНУРЕ, 2002. – Вип. 125. – С. 170–173.
7. Моделирование процессов формирования служебной информации при передаче данных в сетях с коммутацией пакетов / П.П. Воробієнко, М.И. Струкало, И.Ю. Рожновская, С.М. Струкало // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2009. – № 1. – С. 3–12.
8. Internet World Stats - Usage and Population Statistics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.internetworldstats.com/euro/ua.htm>. – Назва з екрана.
9. Network Overview /// Internet Traffic Report [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.internettrafficreport.com>. – Назва з екрана.
10. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2009–2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html. – Назва з екрана.
11. Савченко А.С. Вибір параметрів комутаційного обладнання на підставі аналізу трафіку обчислювальних мереж: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.13 / А.С. Савченко; Нац. авіац. ун-т. – К., 2007. – 20 с.
12. Парамонов А.А. Методика оценки эффективности информационных систем с использованием технологий открытых систем (на примере сетевой среды банка) [Электронный ресурс]: автореф. дис. ... на соиск. ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.13.13 “Телекоммуникационные системы и компьютерные сети” / А.А. Парамонов. – М., 2006. – 24 с. – Режим доступа: <http://www.ineum.ru/download/areft.doc>.
13. Information technology. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model. The basic model: ITU-T Recommendation X.200. – ITU-T, 1994.

Отримано 01.02.2011